

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-3813

(43) 公開日 平成11年(1999) 1月6日

(51) Int. Cl. ⁶

識別記号

F I

H01F 1/34

H01F 1/34

Z

C01G 49/00

C01G 49/00

A

B

C04B 35/30

C04B 35/30

B

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平9-155205

(22) 出願日 平成 9 年(1997) 6 月12日

(71) 出願人 000001258

川崎製鉄株式会社

兵庫県神戸市中央区北本町通 1 丁目 1 番28
号

(72) 発明者 河野 貴史

千葉県千葉市中央区川崎町 1 番地 川崎製
鉄株式会社技術研究所内

(72) 発明者 藤田 明

千葉県千葉市中央区川崎町 1 番地 川崎製
鉄株式会社技術研究所内

(72) 発明者 後藤 聡志

千葉県千葉市中央区川崎町 1 番地 川崎製
鉄株式会社技術研究所内

(74) 代理人 弁理士 小川 順三 (外 1 名)

(54) 【発明の名称】 フェライト材料

(57) 【要約】

【課題】 1 MHz 程度以上の高周波数域において低損失であるフェライト材料を提供すること。

【解決手段】 Fe_2O_3 : 52~68 mol%、 NiO : 0.5 ~10 mol%、 ZnO : 15 mol%以下、 CoO : 0.005 ~0.5 mol%を含み、残部が実質的に MnO の組成となる基本成分からなることを特徴とするフェライト材料である。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 Fe_2O_3 : 52~68 mol%、

NiO : 0.5 ~10 mol%、

ZnO : 15 mol%以下、

CoO : 0.005 ~0.5mol%を含み、残部が実質的に MnO の組成となる基本成分からなることを特徴とするフェライト材料。

【請求項2】 1MHz、50mT、80℃における損失が $300\text{kW}/\text{m}^3$ の特性を示すことを特徴とする請求項1に記載のフェライト材料。

【請求項3】 Fe_2O_3 : 52~68 mol%、

NiO : 0.5 ~10 mol%、

ZnO : 15 mol%以下、

CoO : 0.005 ~0.5mol%を含み、残部が実質的に MnO の組成となる基本成分中に、さらに

SiO_2 : 0.010 ~0.100 wt%および

CaO : 0.020 ~0.300 wt%を含有し、さらにまた Nb_2O_5 、 Ta_2O_5 、 V_2O_5 、 ZrO_2 、 HfO_2 、 TiO_2 および SnO_2 の中から選ばれるいずれか1種または2種以上を、

Nb_2O_5 : 0.005 ~0.050 wt%、

Ta_2O_5 : 0.005 ~0.100 wt%、

V_2O_5 : 0.005 ~0.050 wt%、

ZrO_2 : 0.005 ~0.100 wt%、

HfO_2 : 0.005 ~0.050 wt%、

TiO_2 : 0.050 ~0.500 wt%、

SnO_2 : 0.010 ~0.500 wt%、

範囲内で含有してなり、これらの添加成分の合計含有量が1wt%以下となるような成分組成を有することを特徴とするフェライト材料。

【請求項4】 1MHz、50mT、80℃における損失が $300\text{kW}/\text{m}^3$ の特性を示すことを特徴とする請求項3に記載のフェライト材料。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、電源用トランス等の磁心に用いられる、高周波数域で損失の少ないフェライト材料に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 フェライトと総称される酸化物磁性材料のうち、軟質磁性フェライトは、小さな外部磁場でも十分に磁化することから、電源や通信機器、計測制御機器、磁気記録媒体、コンピュータなどの用途に広く用いられている。それ故に、この種の用途に用いる軟質磁性材料には、キュリー温度が高いこと、保磁力が小さく透磁率が高いこと、飽和磁束密度が大きいこと、低損失であること、など多くの特性が要求される。

【0003】 このような要求特性を満たす軟質磁性材料としては、上記軟質磁性フェライトのような酸化物磁性材料以外に金属系の磁性材料がある。この金属系の磁性材料は、飽和磁束密度が高いという点で酸化物磁性材料

に比べると有利である。その反面、この金属系の磁性材料は、電気抵抗が低く、高周波数域で使用する際に渦電流に起因する損失が大きくなるという欠点があった。例えば、100kHzを超えるような周波数域で使われるスイッチング電源等に用いると、渦電流損による発熱が大きくなるという欠点がある。このため、この金属系の磁性材料は、電子機器の小型低背化・高密度化に伴って使用周波数の高周波数化した電子部品への適用が困難であった。

10 【0004】 このような背景から、軟質磁性フェライト、なかでも Mn-Zn 系フェライトは、高周波数域で使われるスイッチング電源に適用できる電源用トランスの磁心材料として改良が進められている。

【0005】 この Mn-Zn 系フェライトを高周波数域で使用するには、軟質磁性フェライトに求められる諸特性（キュリー温度が高いこと、保磁力が小さく透磁率が高いこと、飽和磁束密度が大きいこと、低損失であることなど）のなかでも特に低損失化を実現することが重要である。そのためには、損失を構成するヒステリシス損失、渦電流損失、それ以外の残留損失をそれぞれ小さくすることが必要である。

20 【0006】 これらの損失のうちヒステリシス損失は、組成により決定される磁気異方性定数 K_1 と磁歪定数 λ に大きく支配されることが知られている。例えば、 $\text{Fe}_2\text{O}_3=52\text{ mol\%}$ 付近で $\text{ZnO}=20\sim30\text{ mol\%}$ である組成の Mn-Zn 系フェライトは、室温において、 K_1 ならびに λ_s が共にゼロに近くなり、その組成では、透磁率が最大となり、損失も小さくなる（K.Ohta, J. Phys. Soc. Jap. n18 (1963) 685）。また、 $\text{Fe}_2\text{O}_3=53\sim54.5\text{ mol\%}$ で $\text{ZnO}=8\sim12\text{ mol\%}$ である組成の Mn-Zn 系フェライトは、100kHz程度までの周波数域で損失が低くなる材料であり、スイッチング電源用パワーフェライトとして用いられている（セラミックス 28 (1993) 937）。

【0007】 このような従来の Mn-Zn 系フェライトは、100kHz程度の周波数域において、高透磁率でかつ低損失な特性を示す。しかしながら、この Mn-Zn 系フェライトは、使用周波数の高周波数化が進む今日では、周波数が高くなるに伴い損失が大きくなるという欠点があった。かかる高周波数化の傾向はこれからも続くと考えられ、1MHz程度以上の高い周波数域でもなお低損失特性を示す軟質磁性フェライトに対する要求が高まっている。

【0008】 また、上記損失のうち渦電流損失は、材料の電気抵抗に起因する損失であり、周波数が高くなるに伴いその損失の占める割合が大きくなる。これについては、フェライト粒界に高抵抗層を形成してコア全体の電気抵抗を高めることにより、渦電流損失を低減することができる。残留損失もまた、周波数が高くなるに伴いその損失の占める割合が増えるものと考えられている。この原因については、共鳴現象等による説明もなされているが現在までのところはっきりしていない。従って、こ

れら渦電流損失と残留損失を共に低減することができれば、1 MHz程度以上の高周波数域でも低損失を示す材料が得られると考えられる。

【0009】例えば、500kHz以上の周波数域を対象とした材料として、特開平6-310320号公報などでは、Mn、Zn、Feの酸化物を基本成分とするMn-Zn系フェライトに添加成分として種々の酸化物を含有させてなる、300kHz～数MHzの周波数域で低損失を示す磁性材料が提案されている。

【0010】しかしながら、従来から比較的低い周波数で用いられているMn-Zn系フェライト材料では、1 MHz程度以上の高周波数域における要求特性、とりわけ低損失特性について未だ満足できる結果が得られていない。

【0011】一方、数MHz以上の高周波数域で使用される軟質磁性フェライトとして、Ni-Zn系フェライトがある。この材料は、高周波磁場下で使用する電源トランス磁心等への応用は近年に始まったものである。しかしながら、このNi-Zn系フェライトは、例えば特開平8-310855号公報等にも開示されているように、その基本成分中の Fe_2O_3 含有量が50mol%以下であり、主にコアに直接巻線を施すための材料として高抵抗特性を意図したものが多く、そのため、このNi-Zn系フェライトでは、電源トランス磁心として最も重要な要求特性の一つである損失特性は不十分であった。

【0012】また、 Fe_2O_3 含有量が50mol%を超える軟質磁性フェライトとして、例えば特開平2-83218号公報等では、飽和磁束密度を改善し、100kHz、200mTの条件での損失が280KW/m²程度であるNi-Mn-Zn系フェライトが提案されている。しかしながら、数百kHz程度以上の損失特性には触れておらず、高周波数域への適用に関する確証はなかった。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】そこで、本発明の目的は、1 MHz程度以上の高周波数域において低損失であるフェライト材料を提供することにある。

【0014】

【課題を解決するための手段】発明者らは、上記目的の実現に向け、1 MHz程度以上の高周波数域で低損失を示す組成を探索した。その結果、 Fe_2O_3 含有量が50mol%を超える従来のMn-Zn系フェライトの基本成分にNiOおよびCoOを同時に含有させることが、低損失化に有効であることを新たに見だし、以下に示す成分組成のフェライト材料を想到するに至った。

【0015】(1) Fe_2O_3 : 52～68 mol%、NiO : 0.5～10 mol%、ZnO : 15 mol%以下、CoO : 0.005～0.5mol%を含み、残部が実質的にMnOの組成となる基本成分からなることを特徴とするフェライト材料である。

【0016】(2) Fe_2O_3 : 52～68 mol%、NiO : 0.5～10 mol%、ZnO : 15 mol%以下、CoO : 0.005～

0.5mol%を含み、残部が実質的にMnOの組成となる基本成分中に、さらに SiO_2 : 0.010～0.100 wt%およびCaO : 0.020～0.300 wt%を含有し、さらにまた Nb_2O_5 、 Ta_2O_5 、 V_2O_5 、 ZrO_2 、 HfO_2 、 TiO_2 および SnO_2 の中から選ばれるいずれか1種または2種以上を、 Nb_2O_5 : 0.005～0.050 wt%、 Ta_2O_5 : 0.005～0.100 wt%、 V_2O_5 : 0.005～0.050 wt%、 ZrO_2 : 0.005～0.100 wt%、 HfO_2 : 0.005～0.050 wt%、 TiO_2 : 0.050～0.500 wt%、 SnO_2 : 0.010～0.500 wt%、範囲内で含有してなり、これらの添加成分の合計含有量が1wt%以下となるような成分組成を有することを特徴とするフェライト材料である。

【0017】

【発明の実施の形態】以下、この発明において、基本成分および添加物成分の組成を前記範囲に限定した理由について説明する。なお、基本成分である Fe_2O_3 、NiO、ZnO、CoO、MnOはmol%で示し、基本成分以外の添加物成分については、基本成分量に対するwt%で示す。

【0018】・NiO : 0.5～10 mol%

NiOの含有量が0.5 mol%に満たないと損失低減効果が顕著でないため、NiOの含有量は0.5 mol%を下限とした。このNiOには他にスピネル化を促進する効果がある。即ち、本発明のフェライト材料のように高周波数域での低損失を意図すると、100kHz程度での使用を前提とした材料に比較して適正なZnO含有量がより少なくなる傾向になる。そのため、仮焼あるいは焼成時の昇温過程においてスピネル化が進まず、その時の温度や酸素濃度によっては異相が存在する場合がしばしば生じ、磁気特性が大きく劣化する。この点、NiOを含有させることによりスピネル化が促進され、特性劣化を抑制することができる。このことから本発明では、0.5 mol%以上のNiOが必要である。一方、NiOの含有量が多すぎると、固有電気抵抗が低下しすぎて渦電流損失の増大を招くため、10 mol%を上限とした。なお、NiOを含有させると渦電流損失が上昇する傾向にあると考えられるため、高周波数域では特に残留損失が抑制され低損失化されたものと推定される。

【0019】・ Fe_2O_3 : 52～68 mol%

Fe_2O_3 の含有量が少なすぎると、飽和磁束密度やキュリー温度が低下する。さらに、損失が極小となる温度が高温側にシフトすることにより、スイッチング電源等の動作温度である80℃付近において損失が大きくなる。このため、 Fe_2O_3 の含有量は52mol%を下限とした。一方、本発明にかかるフェライト材料のようにNiOを含有する場合、磁性イオンである Ni^{2+} イオンがフェライトのスピネル化合物の格子点に入り、他の格子点にある磁性イオンとの相互作用により、磁気異方性定数K1と磁歪定数 λ_s が変化する。そのため、 Fe_2O_3 の最適含有量はNiO含有量に伴って変化する。すなわち、 Fe_2O_3 の含有量はNiO含有量の増加に伴い増やす必要がある。そこで、上

記NiO含有量の上限に対応する値、68 mol%をFe₂O₃含有量の上限とした。

【0020】・ZnO: 15 mol%以下(0を含まず)

このZnOの含有量によって周波数特性を制御することができる。即ち、ZnO含有量が少ないほど、高周波数域での損失が低くなり、比較的低い周波数で低損失を確保したい場合には、ZnO含有量を増加させればよい。しかしながら、ZnOの含有量は、15mol%を超えると、1MHz、50mT、80℃における損失が300kW/m³を上回るので、15mol%を上限とした。より好ましいZnOの含有量は10mol%以下であり、ZnO含有量がこの範囲内にあれば、1MHz、50mT、80℃における損失を150kW/m³以下にすることができる。なお、0 mol%の場合は、焼結性が悪いので除外した。

【0021】・CoO: 0.005~0.5mol%

一般的なMn-Zn系フェライトにおいて、磁気異方性定数K₁は、室温付近を境に負から正へと変化する。損失は、K₁=0となる温度で最も小さくなり、それ以外の温度ではK₁の絶対値上昇と共に増大する。この点、本発明のように、スピネル化合物の構成元素の一部をCoイオンで置換すると、CoイオンはK₁に対して正に寄与し、K₁が比較的広い温度範囲において小さくなるので、損失の温度変化が小さくなり、しかも損失を低減させることができる。このような効果は、Fe₂O₃含有量が50mol%を超えるNi-Mn-Zn系フェライトにおいても発現する。即ち、損失を低減させる効果は、NiOとCoOを同時に含有させると、一層顕著に現れることが判った。また、CoOを含有させることで、ZnO含有量の減少や焼成温度の低下に伴う焼結密度の低下を抑制でき、特性が改善される。しかしながら、CoO含有量が0.005mol%より少ないと、上記効果が有効に発揮せず、一方、CoO含有量が多すぎると、損失が却って増大する。そこで、CoOの含有量は、0.005~0.5mol%とした。なお、CoO含有量の増加に伴って、外部磁場印加によって得られる磁化曲線が原点付近でくびれ、いわゆるパーミンバー型を示すことがある。これを避けるのが好ましい場合には、CoO含有量は0.2mol%以下に制御すればよい。

【0022】以上述べてきた本発明にかかるフェライト材料の成分組成は、スピネルを形成する基本成分に関するものであり、そのほとんどが結晶粒内に固溶する成分であると考えられる。本発明では、これらの成分に加えて、以下に述べるような主として結晶粒界の性質を制御するための成分を添加することが有効である。

【0023】・SiO₂: 0.01~0.1 wt%

CaO: 0.02~0.3 wt%

SiO₂およびCaOは、焼結性を高めかつ粒界相を高抵抗化して低損失を実現するのに有効な添加成分である。SiO₂は、焼結促進の効果があり、この効果を十分に引き出すためには0.01wt%以上含有することが好ましく、多すぎると異常粒成長が顕著になるためその上限を0.1 wt%と

した。ただし、この上限付近の添加量では焼結温度を下げる等の考慮が必要である。CaOは、SiO₂とともに粒界を高抵抗化して損失を低くする効果があり、この効果を引き出すためには0.02wt%以上含有することが好ましく、一方、0.3 wt%を超えて含有すると焼結性が極端に低下して損失が却って上昇するので、その上限を0.3 wt%以下とした。

【0024】

・Nb₂O₅: 0.005~0.05wt%

10 Ta₂O₅: 0.005~0.1 wt%

V₂O₅: 0.005~0.05wt%

ZrO₂: 0.005~0.1 wt%

HfO₂: 0.005~0.05wt%

TiO₂: 0.05~0.5 wt%

SnO₂: 0.01~0.5 wt%

この発明にかかるフェライト材料では、Nb₂O₅、Ta₂O₅、V₂O₅、ZrO₂、HfO₂、TiO₂およびSnO₂のなかから選ばれるいずれか1種または2種以上の成分を添加することが、損失低減のために好ましい。これらの酸化物成分は、SiO₂、CaOの共存下で、主として粒界に析出して電気抵抗を上昇させるので、渦電流損の低減に有効に寄与する他、焼結密度の上昇を通じてヒステリシス損の抑制にも寄与する。これらの酸化物成分について、それぞれ単独での添加量に上記適正範囲があるのは、少なすぎると上述した添加効果が十分に発揮されず、一方、多すぎると所望の結晶組織が得られず、粒成長が不十分であったり、逆に異常粒成長を引き起こして磁気特性の劣化を招くことがあるからである。

【0025】本発明では、上述した添加成分を複合添加する場合、上記適正範囲に加えて、さらにSiO₂、CaO、Nb₂O₅、Ta₂O₅、V₂O₅、ZrO₂、HfO₂、TiO₂およびSnO₂の合計含有量が1 wt%以下となるような成分組成を有することが好ましい。この理由は、上述した添加成分の合計含有量が1 wt%を超えると、特性が劣化するからである。さらに好ましくは0.5%以下である。

【0026】なお、本発明の目的を達成するためには、フェライトの最終的な成分組成が以上説明したような適正範囲にある限り、その作成法や使用する原料の形態は問わない。例えば、酸化物原料を配合したのち、仮焼、粉碎、成形および焼成の各過程を経る一般的なフェライトの製造方法に従って磁心を作成すれば、所望の磁気特性を示す磁心を得ることができる。この際の、仮焼温度は850~1050℃程度、焼成温度は概ね1100~1250℃程度であることが好ましい。また、粒成長や焼結温度および結晶粒界の酸化度などを制御するためには、焼成中の酸素濃度を0~21%程度の範囲で適宜変化させることが好ましい。

【0027】

【実施例】

(実施例1)基本成分が表1に示す最終組成となるよう

に、各成分の原料酸化物を配合し、次いで、ボールミルを用いて湿式混合を16時間かけて行い、その後、乾燥して原料混合粉を得た。次に、この原料混合粉に対し、大気雰囲気中、950℃で3時間の仮焼を行い、こうして得られた仮焼粉に、最終組成で SiO_2 が0.03wt%、 CaO が0.084 wt%および Ta_2O_5 が0.04wt%となるように SiO_2 、 CaO および Ta_2O_5 を添加した後、再びボールミルを用いて湿式混合粉碎して乾燥させた。その乾燥粉末にポリビニルアルコール5wt%水溶液を10wt%加えて造粒し、次いで、外径22mm、内径11mm、高さ5mmのリング状に成形し、その後、酸素分圧を制御した窒素・空気混合ガス中、1150℃で2時間の焼成を行った。

【0028】このようにして得られた焼結体試料に巻線（1次側2巻、2次側1巻）、（周波数、最大磁束密度）の条件を（1MHz、50mT）に設定して、損失を交流BHトレーサにより測定した。これらの試料の80℃における損失値を表1の適合例1～17、比較例1～13に示す。この表1に示す結果から明らかなように、 Fe_2O_3 、 MnO 、 ZnO 、 NiO 、 CoO の組成比を適正化することにより、1MHz、50mTにおける損失値を300kW/m³以下に制御できることがわかる。また、 NiO と CoO を共に含有させることにより、それぞれを単独で含む場合に比べて損失値が大きく低下することがわかる。

【0029】（実施例2）基本成分が Fe_2O_3 ： MnO ： ZnO ： NiO ： CoO ＝56.75：37.20：3.00：3.00：0.05 mol%の最終組成となるように、実施例1と同様にして焼結体試料を得た。この際、表2、表3に示す最終組成と

なるように、 SiO_2 、 CaO に加えて、 Nb_2O_5 、 Ta_2O_5 、 V_2O_5 、 ZrO_2 、 HfO_2 、 TiO_2 および SnO_2 の中から選ばれるいずれか1種を粉碎と同時に添加した。

【0030】こうして得られた焼結体試料について、実施例1と同様の方法で損失を測定し、80℃における損失値を表2、表3に示す。この表2、表3に示す結果から明らかなように、いずれの添加成分についても好適な範囲を外れると、特性が急激に劣化することがわかる。

【0031】（実施例3）基本成分が Fe_2O_3 ： MnO ： ZnO ： NiO ： CoO ＝56.58：36.40：4.00：3.00：0.02 mol%の最終組成となるように、実施例1と同様にして焼結体試料を得た。この際、仮焼温度は925℃、焼成温度は1200℃とし、表4に示す最終組成となるように、 SiO_2 、 CaO に加えて、 Nb_2O_5 、 Ta_2O_5 、 V_2O_5 、 ZrO_2 、 HfO_2 、 TiO_2 および SnO_2 の中から選ばれるいずれか2種以上を粉碎と同時に添加した。

【0032】こうして得られた焼結体試料について、実施例1と同様の方法で損失を測定し、80℃における損失値を表4に示す。この表4に示す結果から明らかなように、含有量が1種でも限定範囲より多い場合や、合計含有量が1wt%を超える場合は異常粒成長を伴って特性が劣化することが多く、組織制御不可能な領域にあるため磁気特性がばらつき、その再現性に欠けるという問題があった。

【0033】

【表1】

		Fe ₂ O ₃ (mol%)	MnO (mol%)	ZnO (mol%)	NiO (mol%)	CoO (mol%)	1MHz/50mT/80℃ 損失値 (kW/m ²)
適 合 例	1	52.60	30.45	15.00	1.50	0.450	208
	2	56.75	37.20	3.00	3.00	0.050	111
	3	62.12	25.80	3.00	9.00	0.080	98
	4	67.72	19.68	2.50	10.00	0.100	128
	5	57.10	38.80	1.00	3.00	0.100	154
	6	55.50	32.40	9.00	3.00	0.100	154
	7	55.30	31.60	10.00	3.00	0.100	181
	8	54.30	27.60	15.00	3.00	0.100	259
	9	54.10	40.35	5.00	0.50	0.050	149
	10	54.55	39.40	5.00	1.00	0.050	132
	11	58.15	31.80	5.00	5.00	0.050	101
	12	60.85	26.10	5.00	8.00	0.050	138
	13	62.65	22.30	5.00	10.00	0.050	144
	14	56.60	36.40	4.00	3.00	0.005	139
	15	56.59	36.40	4.00	3.00	0.010	111
	16	56.40	36.40	4.00	3.00	0.200	89
	17	56.10	36.40	4.00	3.00	0.050	108
比 較 例	1	59.10	35.80	0.00	5.00	0.100	395
	2	55.70	22.20	17.00	5.00	0.100	428
	3	51.00	35.90	10.00	3.00	0.100	495
	4	69.50	18.90	8.50	3.00	0.100	583
	5	64.82	20.10	3.00	12.00	0.080	366
	6	60.72	25.28	6.00	8.00	0.001	355
	7	58.40	32.55	3.00	5.50	0.650	609
	8	52.90	38.10	9.00	0.00	0.000	589
	9	55.60	32.40	9.00	3.00	0.000	408
	10	60.10	22.90	9.00	8.00	0.000	415
	11	52.85	38.10	9.00	0.00	0.050	555
	12	52.75	38.10	9.00	0.00	0.150	435
	13	52.60	38.10	9.00	0.00	0.300	542

		SiO ₂ (wt%)	CaO (wt%)	Nb ₂ O ₅ (wt%)	Ta ₂ O ₅ (wt%)	Y ₂ O ₃ (wt%)	ZrO ₂ (wt%)	HfO ₂ (wt%)	TiO ₂ (wt%)	SnO ₂ (wt%)	1MHz/50mT/80℃ 損失値 (kW/m ²)
通	18	0.01	0.084	0.018							149
	19	0.027	0.084	0.018							129
	20	0.1	0.084	0.018							148
	21	0.027	0.02		0.03						148
	22	0.027	0.084		0.03						124
	23	0.027	0.297		0.03						139
	24	0.03	0.062	0.005							144
	25	0.03	0.062	0.018							115
	26	0.03	0.062	0.05							139
	27	0.03	0.062		0.005						146
合	28	0.03	0.062		0.045						123
	29	0.03	0.062		0.1						146
	30	0.03	0.062			0.005					145
	31	0.03	0.062			0.02					137
	32	0.03	0.062			0.05					146
	33	0.03	0.062				0.005				148
	34	0.03	0.062				0.04				139
	35	0.03	0.062				0.1				142
	36	0.03	0.062					0.005			147
	37	0.03	0.062					0.02			135
例	38	0.03	0.062					0.05			141
	39	0.03	0.062						0.05		141
	40	0.03	0.062						0.1		125
	41	0.03	0.062						0.5		148
	42	0.03	0.062							0.01	145
	43	0.03	0.062							0.08	138
	44	0.03	0.062							0.5	149

【 0 0 3 5 】

【 表 3 】

		SiO ₂ (wt%)	CaO (wt%)	HfO ₂ (wt%)	Ta ₂ O ₅ (wt%)	V ₂ O ₅ (wt%)	ZrO ₂ (wt%)	HfO ₂ (wt%)	TiO ₂ (wt%)	SnO ₂ (wt%)	1NH±/50mT/80℃ 損失値 (kN/m ²)
比	14	0.003	0.084	0.018							469
	15	0.2	0.084	0.018							1025
	16	0.03	0.006	0.018							497
	17	0.03	0.35	0.018							765
	18	0.04	0.084	0.002							533
	19	0.04	0.084	0.1							869
	20	0.03	0.062		0.002						369
	21	0.03	0.062		0.2						698
	22	0.03	0.062			0.002					456
	23	0.03	0.062			0.1					498
較	24	0.03	0.062				0.002				395
	25	0.03	0.062				0.2				433
	26	0.03	0.062					0.002			443
	27	0.03	0.062					0.1			546
	28	0.03	0.062						0.01		313
	29	0.03	0.062						0.8		410
	30	0.03	0.062							0.002	434
	31	0.03	0.062							0.9	689

【0036】

【表4】

		SiO ₂ (wt%)	CaO (wt%)	Nb ₂ O ₅ (wt%)	Ta ₂ O ₅ (wt%)	Y ₂ O ₃ (wt%)	ZrO ₂ (wt%)	HfO ₂ (wt%)	TiO ₂ (wt%)	SnO ₂ (wt%)	1MHz/50 μ T/80℃ 損失値 (kW/m ²)
通 合	45	0.027	0.067	0.018			0.02				87
	46	0.027	0.067	0.015					0.05		95
	47	0.027	0.067	0.028						0.09	115
	48	0.027	0.067	0.033				0.03	0.1		98
	49	0.027	0.067	0.01	0.015			0.02			93
	50	0.027	0.067		0.04		0.04				93
	51	0.027	0.067		0.02				0.05		110
	52	0.027	0.067		0.02					0.3	112
	53	0.027	0.067		0.04	0.02					101
	54	0.027	0.067			0.02	0.03				125
例	55	0.027	0.06			0.03		0.01		0.03	121
	56	0.027	0.067			0.04	0.03		0.1		111
	57	0.027	0.067	0.015					0.2	0.09	88
	58	0.027	0.067	0.015	0.02		0.04		0.2	0.05	82
比 較 例	32	0.2	0.067	0.018			0.02				899
	33	0.027	0.38	0.018			0.02				515
	34	0.027	0.067	0.1			0.02				989
	35	0.027	0.067		0.2				0.05		723
	36	0.027	0.067		0.04	0.1					565
	37	0.027	0.067			0.02	0.2				689
	38	0.027	0.062	0.033				0.15	0.1		479
	39	0.027	0.062			0.02	0.03		0.6		863
	40	0.027	0.062	0.015	0.02		0.04		0.2	0.55	689
	41	0.027	0.224	0.01	0.01				0.5	0.4	1089

【0037】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、スイッチング電源トランス等の磁心に適した、1MHz 程度

以上の高周波数域において損失の小さいフェライト材料を提供することができる。